

Aspectos selvícolas y económicos de los pinares de *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Central

GREGORIO MONTERO GONZÁLEZ (*)

ALBERTO ROJO ALBORECA (**)

MARÍA FLOR ÁLVAREZ TABOADA (***)

MIREN DEL RÍO GAZTELURRUTIA (*)

1. INTRODUCCIÓN

El origen y desarrollo de la ciencia forestal, entendida como conjunto sistematizado de principios y leyes propias, está ligado a un fundamento técnico-económico y, particularmente, a una concepción de ordenación y regulación de las producciones (Monteiro, 1966).

No obstante, el hombre ha considerado durante demasiado tiempo al bosque como fuente inagotable de recursos, realizando aprovechamientos abusivos y desordenados. El concepto de producción sostenible aparece con la ciencia forestal a finales del siglo XVIII, pero hubo de pasar bastante tiempo más para que el sector forestal fuera considerado como una actividad económica importante, cuyo estudio mereciese la atención de una ciencia: la economía forestal.

La idea de producción sostenida, entendida como el mantenimiento de un flujo continuo de material leñoso u otros productos forestales, implica la necesidad de establecer métodos de regulación de las producciones, es decir, conlleva una ordenación del aprovechamiento forestal. Esta idea constituye el eje central de la ordenación de montes, de tal modo que esta disciplina ha dominado y caracterizado el

(*) Área de Selvicultura y Mejora Forestal, CIFOR-INIA. Madrid.

(**) Departamento de Enxeñería Agroforestal. Escola Politécnica Superior. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo.

(***) Departamento de Ingeniería Minera. Escuela Superior y Técnica de Ingeniería Agraria. Universidad de León. Ponferrada.

- Estudios Agrosociales y Pesqueros, n.º 193, 2001 (pp. 27-56).

hecho económico-forestal hasta el punto de que, durante mucho tiempo, se identificó economía forestal con ordenación de montes. En España la ordenación no se puso en marcha de forma masiva y sistemática hasta finales del siglo XIX, aunque la idea de producción sostenida se conocía y aplicaba, puntualmente, desde mediados del siglo XIX.

La función multiuso que actualmente se atribuye y se exige al monte, así como el carácter complejo de la producción forestal, puesto de manifiesto por la diversidad de productos, hacen más difícil valorar sus producciones y utilidades. Las funciones protectora, ecológica, paisajística, ambiental, etc., muchas veces son vinculantes, y al mantenimiento de todas o alguna de ellas han de subordinarse las producciones directas, tales como madera, pastos, caza, frutos, resinas, etc., lo que hace que los métodos de valoración deban ser complejos e imprecisos.

Cada tipo de producción necesita de una técnica selvícola, y de su consiguiente organización espacio-temporal mediante la ordenación, que optimice y garantice su persistencia en el tiempo. Los tratamientos selvícolas más indicados para maximizar una producción dada, por ejemplo madera, pueden no ser compatibles con los necesarios para optimizar la protección del suelo o el valor paisajístico de la masa forestal, lo que hace imprescindible establecer un orden de prioridad que jerarquice las producciones y utilidades con arreglo a las funciones principales que se considere que ha de cumplir el monte.

Lógicamente, no es posible optimizar simultáneamente todas las producciones y utilidades en una misma superficie, lo que ha llevado a la ciencia forestal a la necesidad de asignar usos o producciones prioritarias a las diferentes zonas de un monte; así, aparecen superficies cuya función principal es la protección, el paisaje, el recreo, etc., y otras en las que se da mayor importancia a las producciones directas, como madera, leña, caza, pastos, frutos, hongos, etc.

La diversidad de usos de los montes podría compararse a la de una factoría en la que se producen simultáneamente, en el tiempo y en el espacio, numerosos productos útiles para el hombre, cada uno de los cuales requiere un proceso de fabricación que, en el caso del monte, se corresponden con los tratamientos selvícolas, por ser éstos los que definen, o al menos condicionan, la obtención de una u otra clase de productos.

En la actualidad, la existencia y cuidado de las masas forestales no obedece a simples razones de producción, por importante que éstas

puedan ser, sino a la necesidad que tienen los países de contar con abundantes y bien distribuidas superficies forestales, ya que éstas representan un papel esencial en el equilibrio biológico y social del territorio. Por este motivo, la sociedad está cada vez más interesada en controlar dónde, cómo y con qué especies se repuebla o se restauran las masas ya existentes, así como los métodos selvícolas aplicados en cada caso, por cuanto de ello depende la priorización de las diferentes producciones.

A pesar de que a nivel mundial cada vez aumenta más la demanda de madera, la importancia financiera del bosque se va diluyendo frente a su importancia ecológica y estabilizadora, así como frente a sus valores paisajísticos, recreativos y ambientales. Este cambio en la utilización y jerarquización de las producciones del monte ha de ser tenido en cuenta por la selvicultura y la ordenación, que deben buscar métodos flexibles, capaces de optimizar dichas producciones en función de las demandas sociales, siempre que éstas no exijan actuaciones irreversibles o pongan en peligro la persistencia o la estabilidad de las masas forestales.

Por otra parte, existe un desfase entre la velocidad a la que cambian las preferencias sociales respecto a la clase de productos que se solicitan del monte y la capacidad de respuesta de la selvicultura, entendida ésta como una herramienta que permite obtener diferentes tipos de bienes. Desde que se aplica un tratamiento selvícola hasta que se obtiene una respuesta positiva de la masa en el sentido que se pretende, ha de pasar un período de tiempo, muchas veces suficiente para que el resultado que se perseguía haya perdido interés para la sociedad. Oliver y Larson (1996), al referirse a este tema, lo expresan de la siguiente manera: «La utilización preferente del bosque, el conocimiento que sobre él se tiene, las técnicas de gestión, las herramientas y la política forestal, cambian una o varias veces en el período comprendido entre el nacimiento o plantación de un árbol y la edad (turno) a la cual debe ser aprovechado». O, dicho de otro modo, la evolución de la demanda de determinados bienes y servicios es mucho más rápida que la respuesta de las masas a un tratamiento selvícola.

Generalmente, la selvicultura de especies de montaña con alto valor ecológico y protector, como es el caso del pino silvestre en el Sistema Central, se planifica a turnos de 100-120 años, lo que no permite o, al menos, dificulta las posibilidades reales de cambiar frecuentemente de tratamiento. Además, casi siempre el tratamiento que se aplica a una masa de una edad determinada depende de forma muy directa de la selvicultura aplicada en edades anteriores. Las produc-

ciones forestales, por su naturaleza de bienes y servicios que se van generando lentamente, se adaptan mal a los cambios repentinos de orientación sin comprometer alguna de las funciones principales de la masa, ya sean éstas ecológicas o productivas. Por estos motivos, la silvicultura debe tener especial cuidado a la hora de dar prioridad a los planes a corto plazo, pues se corre el riesgo de subestimar o incluso descuidar totalmente los más importantes objetivos a largo plazo, como son la persistencia, la estabilidad y las funciones ecológicas, que en muchos casos son absolutamente irrenunciables.

La diversidad de productos, el hecho de que éstos se produzcan conjunta y simultáneamente en el tiempo y el espacio, la longitud de los ciclos de producción, los diferentes tratamientos selvícolas que es necesario aplicar según el objetivo prioritario de producción que se haya elegido, los cambios en la demanda de la sociedad y de las políticas forestales, y la lenta respuesta de las masas forestales a los tratamientos selvícolas que determinan los cambios de orientación, hacen que muchas de las leyes y técnicas de la economía que se emplean en las empresas comerciales sean de difícil aplicación en las actividades económicas propias de la empresa forestal.

Los escasos estudios de economía forestal existentes en España reconocen que las características y estructuras de la producción forestal son complejas, aunque existe una cierta inclinación a pensar que se trata de una actividad económica simple, lo que suele dar lugar a numerosas imprecisiones. En los últimos años, algunos economistas (Campos, 1991; Campos *et al.*, 1996; Campos y Riera, 1996; Romero, 1994) han desarrollado metodologías que pueden sacar a la economía forestal de su estado actual de desconocimiento y abandono.

El objetivo de este trabajo es demostrar el elevado valor económico, ambiental y social que poseen los montes de *Pinus sylvestris* del Sistema Central. Para ello, se describe la silvicultura y la gestión que se aplica en dichos montes, así como sus implicaciones en las producciones directas, incluyendo datos económicos de algunas de ellas (madera y leña). Finalmente, se reseñan las producciones indirectas (protección del suelo, regulación de los regímenes hídricos, mantenimiento de la biodiversidad, paisaje, recreo, captación de CO₂, etc.) que son capaces de generar estos pinares, y se presentan algunos datos sobre su valoración económica.

2. SELVICULTURA DEL PINO SILVESTRE (*Pinus sylvestris* L.)

Para que una especie proporcione unas producciones determinadas es necesario realizar una serie de actuaciones selvícolas, que varían

en función de las condiciones ecológicas de la masa forestal y de los productos que se desee obtener. En el Sistema Central, y con carácter general, se aplican los siguientes tratamientos selvícolas a los montes de pino silvestre: cortas de regeneración, cuidados culturales del regenerado, clareos y claras. Además, son necesarias otras actuaciones no estrictamente selvícolas, relacionadas con las infraestructuras de los montes, para poder alcanzar una correcta gestión.

2.1. Cortas de regeneración

A nivel general, es posible distinguir tres zonas diferenciadas según la altitud a la que viven las masas de *Pinus sylvestris*, que condicionan fuertemente su selvicultura, aunque dependiendo del sistema montañoso en que se encuentren pueden tener climas distintos y presentar, por tanto, ciertas peculiaridades selvícolas (Montero, 1994):

- a) Zonas con altitud superior a 1.800 m: Se corresponden con las partes altas de las montañas, con muy baja densidad de arbolado y grandes rasos, que suelen estar cubiertos por matorrales rastreos o especies pascícolas. Poseen un alto valor protector y muy baja producción de madera (menor de 0,5 m³/ha·año). Existen grandes dificultades para la regeneración, que se acentúa por el pastoreo. La intervención selvícola es escasa o nula, y la ordenación suele ir dirigida al aprovechamiento de los pastos.
- b) Zonas con altitud comprendida entre 1.600 y 1.800 m: Presentan una baja densidad del arbolado y repartición superficial irregular (rodales de pino silvestre alternando con matorral y pastos). También son de alto interés protector. La producción de madera es baja (0,5 a 1,5 m³/ha·año). La regeneración natural encuentra grandes dificultades en las laderas orientadas al sur, en las zonas azotadas por los vientos y en suelos pobres. Son las masas de protección por excelencia (se suelen incluir en cuarteles protectores) y de regeneración natural por definición.

Tradicionalmente se ha propuesto la aplicación en estas masas del método de ordenación de *entresaca*, teniendo en cuenta su estructura próxima a la irregularidad y la búsqueda de la máxima protección del suelo. Sin embargo, este enfoque no ha dejado de ser meramente teórico y su aplicación ha sido imposible, debido a que el temperamento del pino silvestre no permite la regeneración en esas condiciones y a que las cortas en estas zonas suelen centrarse, por las características propias de las masas, en extraer pies enfermos o con algún defecto, por lo que, en la práctica, se trata muchas veces de actuaciones de saneamiento (*cortas de poli-*

cía). Por ello, no resulta posible señalar una corta buscando los pies por hectárea de cada clase diamétrica que sería necesario cortar, de acuerdo con la distribución teórica de las masas irregulares, sino que las extracciones tratan de adecuarse a las necesidades selvícolas de las masas, buscando minimizar el impacto de la corta y extender y mantener la cubierta arbórea de forma tal que se maximice su función protectora.

- c) Zonas con altitud entre 800 y 1.600 m: Son masas densas, mono-específicas o mezcladas, pero con predominio de *Pinus sylvestris*, de alto interés protector y estabilizador. Ocupan algo más del 75 por ciento de la superficie poblada por la especie. La producción de madera es variable, según la altitud y fertilidad del suelo (1,5 a 6 m³/ha·año). Se presentan dificultades para la regeneración natural en las orientaciones sur y en sitios muy ventosos, secos o pobres. Las masas suelen ser de estructura regular.

En estas zonas se aplican métodos de ordenación por *tramos* (*periódicos, único o móvil*), dirigidos a obtener una producción constante de madera. El tratamiento selvícola habitual es, entonces, el de *aclareos sucesivos*, que consiste en la corta progresiva de los pies maduros durante un lapso de tiempo que se denomina *período de regeneración* (generalmente de 20 años para esta especie), para provocar el nacimiento de nuevas plantitas que van a ir sustituyendo, gradualmente, a la masa adulta. Este método ha sido sustituido en varios montes por el de *cortas a hecho* con reserva de 30-40 árboles padre por hectárea, que son extraídos de una sola vez en los 5-6 años siguientes, cuando la regeneración se considera lograda satisfactoriamente. Aunque en ocasiones no se hace ningún tratamiento al suelo tras la corta, es frecuente una preparación de diferente intensidad (escarificado superficial, decapado y apertura de surcos con «riper», pequeñas terrazas, laboreo total y profundo, etc.), y posteriormente se siembra con 3-4 kg/ha de semilla. En los casos en que se realizan cortas a hecho sin reserva de árboles padre, la preparación del suelo es similar.

En todos los métodos selvícolas, la duración del ciclo de producción (*turno, edad de corta o de madurez*) se fija entre 100 y 120 años, con lo que se consiguen diámetros entre 35 y 50 cm, según la fertilidad de la estación y la intensidad de la selvicultura aplicada. Para obtener madera de mejor calidad y alto precio se aconseja aumentar la edad de corta a 120-140 años (Montero *et al.*, 1992). Edades mayores pueden provocar problemas sanitarios causados por el hongo *Fomes pini*.

2.2. Cuidados culturales al regenerado

Las plantas jóvenes de *Pinus sylvestris* son muy sensibles a la competencia. En España, en las masas con regeneración natural (tratadas mediante cortas de *aclareos sucesivos*), se aplican los llamados desbroces de regeneración, que buscan favorecer el desarrollo de las plantitas que se van instalando a lo largo del período fijado en la ordenación (generalmente 20 años). Tales desbroces suelen ir seguidos de ligeros *clareos*, es decir, cortas que afectan a los pies más débiles y malformados, y en ocasiones de poda en los pies mejores y más desarrollados, que se realizan simultáneamente a la recogida y eliminación de los restos producidos por las cortas.

En montes o rodales regenerados de forma artificial, tras *cortas a hecho* con o sin reserva de árboles padre, no suelen hacerse este tipo de desbroces. Las plantas de *Pinus sylvestris* crecen en altas densidades y compiten favorablemente con el matorral, que ha sido previamente eliminado en la preparación del suelo, con el objeto de facilitar la germinación de las semillas que proceden de otros árboles o de una siembra artificial. Entre los 10 y 15 años, dependiendo del desarrollo de las plantas, suelen hacerse *clareos*, así como desbroces o limpiezas del matorral que haya podido instalarse. Siempre se dejan entre 5.000 y 10.000 pies/ha después del clareo, que se completa con una poda hasta 1-1,5 m de altura, generalmente de los mejores pies.

2.3. Clareos

Son intervenciones selvícolas que buscan reducir la densidad y, por tanto, la competencia, tratando de eliminar a los peores individuos. Los ingresos obtenidos por la venta de los productos extraídos en estas operaciones nunca cubren los costos de la realización de las mismas, de tal manera que éstos han de considerarse en términos de inversión en la masa futura. Por tanto, los clareos se aplican principalmente en masas con alta capacidad productiva de madera, y suelen ir acompañados de una poda. Se realizan cuando el arbolado tiene entre 15 y 25 años, dependiendo del crecimiento de los pies y, sobre todo, de las disponibilidades económicas, por lo que en muchas ocasiones no se llevan a cabo.

En zonas de escasa productividad únicamente se realizan clareos por motivos de sanidad de las masas y para evitar el peligro de incendios, aunque en ocasiones se han hecho para luchar contra el paro rural.

2.4. Claras

Son operaciones selvícolas con la misma finalidad que los clareos y en las que, además, se obtienen productos comerciales que permiten autofinanciar la operación e incluso obtener beneficios.

Siempre se aplican *claras por lo bajo* (de los individuos de menor diámetro) y normalmente *moderadas* (de un porcentaje intermedio de pies), que habitualmente se inician cuando la masa tiene entre 20 y 40 años, o cuando la altura dominante (altura media de los 100 árboles más gruesos por hectárea) alcanza 10-11 m, dependiendo de la calidad de estación y del sistema de regeneración.

El período de rotación entre claras debe ser, aproximadamente, de 10 años. En las masas situadas a altitudes superiores a 1.600 m deben hacerse claras moderadas, por el peligro de derribo de los árboles por el viento y la nieve. En las zonas de menor altitud es posible practicar claras más fuertes, que pueden llegar a extraer, en conjunto, hasta un 40 por ciento de la producción total acumulada a lo largo de todo el ciclo de rotación o turno.

Las primeras claras suelen ser poco rentables, y a veces es necesario considerarlas como una inversión. Las claras posteriores suelen proporcionar algún beneficio neto al propietario, que aumenta según lo hace el tamaño de los árboles extraídos.

2.5. Cálculo de la posibilidad maderera

En la terminología forestal se define como *posibilidad* a la cantidad de productos que pueden extraerse del monte, teniendo en cuenta las existencias que hay almacenadas en el mismo y la cuantía del crecimiento anual que se suma cada año a esas existencias. Conociendo cuántos árboles por hectárea deben poblar la masa, según la pendiente del terreno, edad, tamaño de los árboles y otros factores que se considere que han de ser tenidos en cuenta, se podrá extraer más o menos producción, dependiendo de que el número de árboles sea superior o inferior a ese número óptimo y de que la masa tenga un crecimiento mayor o menor. La forma de determinar la posibilidad, es decir, de saber cuánta madera puede extraerse cada año, varía según el tratamiento selvícola aplicado.

En el caso de *cortas a hecho*, la posibilidad (P) de la corta final suele estimarse a partir de la superficie del *tranzón* (superficie de corta), si bien es necesario calcular los volúmenes a cortar a partir de los datos del inventario, según la siguiente fórmula:

$$P = \frac{V_t \cdot S_t}{T \cdot S_c}$$

donde:

P: Posibilidad ($\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{año}$).

V_t: Volumen medio por hectárea del tronzón de corta a la edad del turno (m^3/ha).

S_t: Superficie del tronzón de corta (ha).

S_c: Superficie del cuartel (ha).

T: Turno o edad de corta (años).

Si se aplica un tratamiento de cortas de *aclareo sucesivo*, la extracción de las existencias al final del turno se realiza a lo largo de los 20 años que dura el período de regeneración que se fija para la especie. Las expresiones más habituales para el cálculo de la posibilidad son:

a) Fórmula de la masa cortable:

$$P = \frac{V}{T} + \frac{CC}{2}$$

b) Fórmula de Mélard:

$$P = \frac{V_g}{T/3} + \frac{1}{2} \cdot I_g + \frac{1}{q} \cdot (I_m + I_d)$$

donde:

P: Posibilidad ($\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{año}$).

V: Volumen medio por hectárea del cuartel (m^3/ha).

CC: Crecimiento corriente anual del cuartel a la edad del turno ($\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{año}$).

T: Turno o edad de madurez (años).

V_g: Volumen medio por hectárea de los árboles gruesos (diámetro mayor de 50 cm) (m^3/ha).

I_g: Crecimiento corriente anual de los árboles gruesos (diámetro mayor de 50 cm) ($\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{año}$).

I_m: Crecimiento corriente anual de los árboles medianos (diámetro comprendido entre 35 y 50 cm) ($\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{año}$).

I_d: Crecimiento corriente anual de los árboles delgados (diámetro comprendido entre 20 y 35 cm) ($\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{año}$).

q: Variable cuyo valor suele oscilar entre 2 y 3 según sea necesario extraer más o menos madera de dimensiones medianas y delgadas.

Simultáneamente, tanto en el caso de aplicarse cortas a hecho como aclareos sucesivos, se hacen cortas en masas jóvenes (claras) que también contribuyen a completar la posibilidad o producción anual del monte.

2.6. Trabajos de infraestructura

Para conseguir una explotación racional del pinar, tanto en lo que se refiere a la saca de la madera como a la vigilancia y extinción de incendios, hace falta que el monte posea una infraestructura mínima imprescindible, que permita y facilite su gestión, y que consiste básicamente en la creación y mantenimiento de pistas forestales, cortafuegos, puntos de agua y cerramientos, entre otros.

Resulta imprescindible disponer de una amplia red de caminos forestales transitables todo el año, aptos para la saca de madera y para el acceso de los equipos de extinción de incendios, y de una red secundaria formada por caminos de desembosque transitables por vehículos todo terreno. La densidad de pistas podrá ser variable, pero no debe ser menor de 1 km por cada 75-100 hectáreas.

La red de cortafuegos debe ser de tal densidad que proteja superficies de 300-350 hectáreas. Su anchura debe ser de, al menos, 20 m, dependiendo de la pendiente del terreno, aunque hoy en día se tiende a la creación de áreas cortafuegos, menos impactantes paisajísticamente.

Es habitual construir pequeños depósitos de agua, distribuidos en puntos estratégicos, cuya misión es abastecer a los vehículos de extinción en caso de que se produzca un incendio. En los pinares de pino silvestre suelen realizarse aprovechando manantiales naturales y pequeños cursos de agua. Su número debe ser de, al menos, uno por cada 100 hectáreas, y se ha de procurar que estén al lado de una pista para facilitar la llegada de los vehículos de extinción.

Los cerramientos son poco frecuentes en estos pinares. Sólo en ocasiones se hacen algunos para proteger del pastoreo las zonas en regeneración. En esos casos, la superficie acotada no suele superar el 20 por ciento de la total del monte.

3. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL PINO SILVESTRE EN EL SISTEMA CENTRAL

La superficie poblada actualmente por pino silvestre en el Sistema Central se estima en torno a las 90.000 hectáreas, repartidas de la siguiente forma: 45.000 en Segovia, 22.000 en Madrid, 15.000 en

Ávila y el resto en Guadalajara. La mayoría de la superficie corresponde a montes de utilidad pública, existiendo sólo dos o tres montes privados importantes. Muchos de estos pinares, que en su gran mayoría son de origen natural, se empezaron a ordenar a finales del siglo XIX y principios del XX.

Estos montes reportan numerosos beneficios a la sociedad, que en realidad se ofrecen de una manera conjunta y difícilmente separable, pero a efectos de su cuantificación se hace necesaria su individualización y clasificación. Así, aparecen los denominados *beneficios directos*, aquellos que son susceptibles de ser valorados en términos económicos, tales como madera, leña, pastos, caza, pesca, setas, etc.; y otros de difícil cuantificación monetaria, también llamados *beneficios indirectos*, como protección contra la erosión, regulación hídrica, biodiversidad, hábitat para la fauna silvestre, sumidero de CO₂, paisaje, recreo, turismo en la naturaleza, etc. El aprovechamiento, uso y transformación de estos bienes y servicios para que puedan ser utilizados por la sociedad requiere en muchos casos la intervención del hombre, lo que convierte al pinar en una fuente de generación de empleo.

La multiplicidad de bienes y servicios ofrecidos por el pinar es muy variable en cuanto al valor que representa cada uno de ellos respecto a la producción total. Aunque casi todas las producciones o utilidades que se han enumerado son compatibles, en mayor o menor medida, en el espacio y/o en el tiempo, siempre es necesario establecer cuál de ellas será prioritaria o principal en cada zona, tarea encomendada a la ordenación de montes.

3.1. Producción de beneficios directos. Implicaciones selvícolas

Los principales productos o beneficios directos que se obtienen de los montes de pino silvestre del Sistema Central son la madera y las leñas (*producciones primarias inmediatas*), así como los pastos, la caza y la pesca y los hongos (*producciones primarias mediatas*).

3.1.1. Producción de madera

Cada año se cortan en los pinares de *Pinus sylvestris* del Sistema Central unos 100.000 m³ de madera de sierra, que sirven para abastecer a un buen número de aserraderos, donde trabajan numerosas personas. Son de destacar, por su importancia, los situados en Valsaín, El Espinar y Navafría (Segovia), el de Rascafría (Madrid), y otros localizados en las provincias de Ávila y Guadalajara.

El volumen total de corta está aumentando cada año, debido a que las numerosas repoblaciones realizadas a partir de los años 1945-50 ya están entrando en producción.

La madera es la producción directa más importante de estos montes. Sin embargo, su valoración es difícil, ya que depende fundamentalmente de:

- La capacidad productiva o *calidad de la estación* en que se asienta el pinar.
- El *tratamiento selvícola* aplicado.
- El *turno* o edad a la que se cortan los árboles.

La *calidad de la estación* tiene una gran influencia en la producción de madera, tal como se pone de manifiesto en el cuadro 1, en el que se compara la producción por hectárea de dos masas de pino silvestre del Sistema Central, una de la mejor calidad de estación (Calidad I) y otra de la peor calidad (Calidad V), en las que se aplica el mismo tratamiento selvícola y el mismo turno (Rojo y Montero, 1996).

Por otra parte, el *tratamiento selvícola* influye en el tipo, dimensión y calidad tecnológica de los productos obtenidos. En el cuadro 2 se comparan los productos procedentes de dos rodales o masas de igual calidad y turno de corta, pero en las que se han aplicado diferentes regímenes de claras, dando lugar, por un lado, a una selvicultura que podríamos denominar de poca intensidad (o de escasa intervención), que es la aplicada habitualmente, y, por otra parte, a una selvicultura intensiva, que requiere un mayor grado de intervención.

Cuadro 1

INFLUENCIA DE LA CALIDAD DE ESTACIÓN EN EL DESARROLLO EN DIÁMETRO DE LOS ÁRBOLES Y EN LA PRODUCCIÓN TOTAL EN VOLUMEN DE LOS PINARES DE *Pinus sylvestris* DE LA SIERRA DE GUADARRAMA (Rojo y Montero, 1996)

Edad (años)	Nº árboles/ha		Diámetro medio (cm)		Producción (m ³ /ha)	
	Calidad I	Calidad V	Calidad I	Calidad V	Calidad I	Calidad V
20	7.040	11.230	6,9	4,4	123	–
40	2.081	4.031	19,1	11,5	492	235
60	743	1.730	33,7	19,6	935	443
80	435	1.059	44,1	25,9	1.257	619
100	324	786	50,9	30,4	1.459	745
120	270	647	55,3	33,6	1.580	832
140	240	567	58,3	35,8	1.651	888

Cuadro 2

COMPARACIÓN DEL NÚMERO DE PIES/HA Y DEL DIÁMETRO MEDIO EN DOS RODALES DE PINO SILVESTRE DE LA SIERRA DE GUADARRAMA DE LA MISMA CALIDAD, SOMETIDOS A TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS DE DISTINTA INTENSIDAD (Rojo y Montero, 1996)

Edad (años)	Nº pies/ha		Diámetro medio (cm)		Crecimiento corriente anual (m ³ /ha · año)	
	Selvicultura intensiva	Selvicultura de escasa intervención	Selvicultura intensiva	Selvicultura de escasa intervención	Selvicultura intensiva	Selvicultura de escasa intervención
20	7.040	14.933	6,9	4,3	–	–
40	2.081	3.581	19,1	15,5	22,6	20,7
60	743	1.381	33,7	26,9	21,1	18,3
80	435	774	44,1	35,8	14,2	11,4
100	324	536	50,9	42,3	8,0	5,7
120	270	415	55,3	47,1	4,3	3,0
140	240	344	58,3	50,9	2,4	1,4

El tercer factor que influye en la producción de estos pinares, y de manera muy importante, es el *turno*, o tiempo transcurrido desde el nacimiento de una masa forestal y el momento de su aprovechamiento final. Para su determinación existen varios criterios (biológicos, tecnológicos, de máxima renta en especie o en dinero, financieros, etc.) según los objetivos que se deseen cumplir y los productos comerciales que se pretendan obtener.

Los *criterios biológicos* son aquellos que buscan fundamentalmente la optimización de las utilidades no productoras de los montes arbolados y, por tanto, son los más respetuosos con el paisaje. No obstante, se considera necesario extraer los árboles viejos, y para determinar qué pies se cortan existen dos criterios:

- *Criterio físico*: Los árboles se cortan cuando pierden prácticamente toda su vitalidad (árboles muertos o moribundos), lo que permite una gran amplitud interpretativa. Se aplica en montes destinados a proporcionar beneficios indirectos y suele consistir, en la práctica, en meras *cortas de policía*, en las que se extraen los árboles muertos o casi muertos para evitar la profusión de plagas y enfermedades, así como para mantener la estética del monte.
- *Criterio selvícola*: Este criterio señala como edad de madurez o turno la que permite un desarrollo vigoroso del árbol o de la masa y mantiene condiciones satisfactorias para su regeneración. Por tanto, los árboles han de cortarse antes de que pierdan su capaci-

dad de producir semillas, para asegurar que en el hueco que deja la extracción de un pie adulto se instalen numerosos árboles jóvenes para sustituirle.

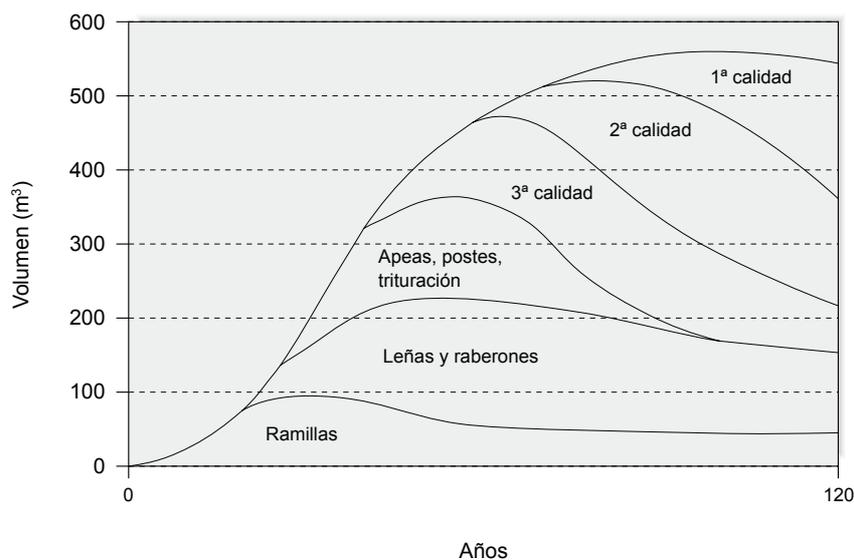
El *criterio tecnológico* determina la edad de madurez o turno, estimando el tiempo necesario para que los árboles alcancen unas dimensiones o una calidad tecnológica aptas o ideales para la obtención de un determinado tipo de producto. Este período será corto si se desea obtener madera para trituración, postes, apeas de minas, etc., y más largo si el objetivo es obtener tablones de grandes dimensiones, vigas, madera para chapa, etc. En el gráfico 1 se muestra cómo varían los porcentajes de los diferentes productos y calidades de madera a medida que se alarga el turno o edad de corta.

En el caso de la producción de madera, los denominados «coeficientes de despiece» determinan el porcentaje de cada tipo de madera obtenido, que varía con la edad de la masa; el turno tecnológico se corresponde, entonces, con la edad a la que se maximiza el coeficiente del producto más demandado.

Por otra parte, el *criterio de máxima renta en especie* busca la edad de madurez o turno que produzca la mayor cantidad de materia prima,

Gráfico 1

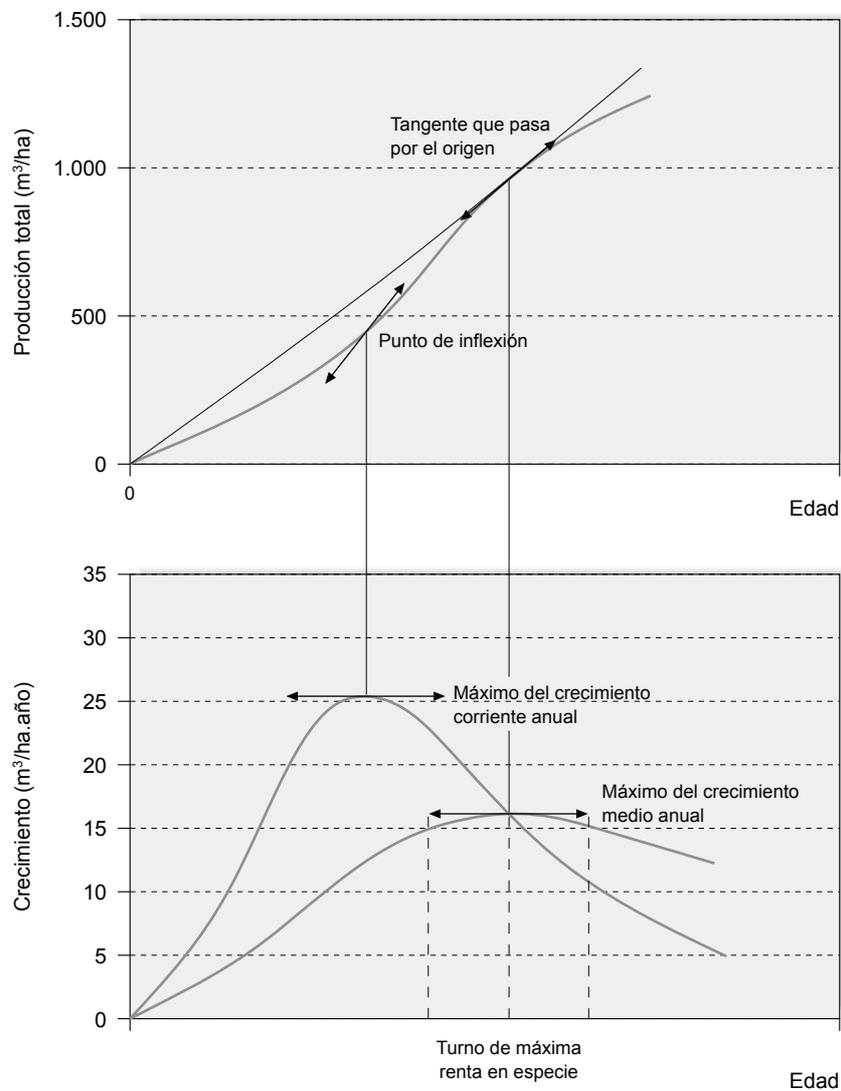
Distribución del volumen total de una masa de pino silvestre a lo largo del turno, según los distintos tipos de productos y calidades de madera (Huffel, 1905)



sin importarle demasiado las dimensiones de los árboles que se cortan, siempre que la cantidad de material maderable o leñoso obtenida sea máxima. Su determinación es casi matemática, y se corresponde con la edad a la que se cortan las curvas que representan los crecimientos corriente y medio anuales en volumen de la masa, que coincide con el máximo del crecimiento medio (gráfico 2).

Gráfico 2

Determinación gráfica del turno de máxima renta en especie



Para el cálculo del turno de máxima renta en especie resultan imprescindibles las tablas de producción, que evitan tener que representar gráficamente las curvas de crecimientos. Por ejemplo, en el cuadro 3 se muestra la tabla de producción correspondiente a una calidad 17 (baja) y a un régimen de claras intenso para los montes de *Pinus sylvestris* del Guadarrama (Rojo y Montero, 1996), y en ella se observa que el máximo crecimiento medio anual en volumen de la masa total (CMA) ocurre a los 70 años ($8,3 \text{ m}^3/\text{ha}$), mientras que este valor del crecimiento corriente anual (CCA) se obtiene entre los 70 y los 80 años. La edad a la que el crecimiento corriente anual alcanza el valor de $8,3 \text{ m}^3/\text{ha}\cdot\text{año}$ se obtiene por interpolación, correspondiéndose con 72,2 años, que constituye el turno de máxima renta en especie para la calidad y selvicultura de la tabla de producción empleada.

Otro criterio que permite determinar el turno es el *criterio de máxima renta en dinero*, aunque no es muy aplicado en la práctica. Viene dado por el balance de ingresos y gastos, no actualizados, de todo el ciclo de producción o turno. La optimización de dicha renta en dinero proporciona un elemento de decisión sobre la oportunidad de la corta. Requiere, como punto de partida, disponer de un tabla dineraria o tabla de producción en dinero, que resulta de aplicar a los volúmenes de las tablas de producción de madera una escala de precios, calculados en función de la edad y dimensiones de los fustes cortados.

En principio, se supone que el precio de la madera crece a medida que lo hace su grosor, debido, en primer lugar, a que los grandes fustes producen mayor cantidad de madera para escuadras, tablas, tablón y desenrollo (chapa), que se cotizan más en el mercado; y en segundo lugar, a que los rendimientos en aserrado son mayores y, por tanto, su transformación resulta más económica. Este principio puede ser discutible en algunos casos concretos, pero su valor indicativo está muy contrastado.

El problema reside en que al planificar producciones, por ejemplo a 120 años, se debe poder asumir que los precios de las diferentes clases dimensionales de la madera se van a mantener en la misma proporción en la que oscilan en la actualidad; por este motivo, este criterio es poco aplicado, y se recurre generalmente a métodos gráficos que indican en qué proporción se reparten las diferentes categorías dimensionales de madera a lo largo del turno (gráfico 1). Este procedimiento también supone aceptar que las maderas de mayor dimensión siempre van a tener mayor valor.

Cuadro 3

TABLA DE PRODUCCIÓN DE *Pinus sylvestris* EN LA SIERRA DE GUADARRAMA. RÉGIMEN FUERTE DE CLARAS (TRATAMIENTO E). CALIDAD 17 (Rojo y Montero, 1996)

Edad	H ₀ (m)	Masa principal antes de la clara				Masa extraída				Masa principal después de la clara			Masa total		Crecimiento en vol. de masa total		Edad	
		Nº pies /ha	H _m (m)	DMC (cm)	G (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Nº pies /ha	G (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Volumen acumul. (m ³ /ha)	Nº pies /ha	G (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	G (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	CCA (m ³ /ha·año)		CMA (m ³ /ha·año)
20	2,9	11.230	1,9	4,4	-	-	5.243	-	-	-	5.987	-	-	-	-	-	-	20
30	5,4	5.987	4,3	8,2	31,50	143,8	2.622	15,30	36,7	36,7	3.365	16,20	107,1	31,50	143,8	-	4,8	30
40	7,9	3.365	6,7	12,6	41,70	207,4	1.726	19,70	69,0	105,7	1.639	22,00	138,4	57,00	244,1	10,0	6,1	40
50	10,2	1.639	8,9	19,0	46,50	265,4	576	13,40	60,5	166,2	1.063	33,10	204,9	81,50	371,1	12,7	7,4	50
60	12,1	1.063	10,7	24,2	48,90	312,2	280	10,70	57,7	223,9	783	38,20	254,5	97,30	478,5	10,7	8,0	60
70	13,8	783	12,4	28,7	50,50	354,3	145	7,50	46,0	269,9	638	43,00	308,3	109,60	578,2	10,0	8,3	70
80	15,1	638	13,6	32,1	51,50	386,6	92	6,20	41,8	311,7	546	45,30	344,8	118,10	656,3	7,8	8,2	80
90	16,2	546	14,7	34,9	52,20	413,5	54	4,30	30,7	342,4	492	47,90	382,8	125,00	725,2	6,9	8,1	90
100	17,0	492	15,4	36,9	52,70	433,4	39	3,40	25,8	368,2	453	49,30	407,6	129,80	775,8	5,1	7,8	100
110	17,7	453	16,1	38,9	53,10	451,0	25	2,40	18,7	386,9	428	50,70	432,3	133,60	819,2	4,3	7,4	110
120	18,2	428	16,6	39,9	53,40	463,6	17	1,70	13,8	400,7	411	51,70	449,8	136,30	850,5	3,1	7,1	120
130	18,6	411	17,0	40,8	53,60	473,9	14	1,50	12,1	412,8	397	52,10	461,8	138,20	874,6	2,4	6,7	130
140	18,9	397	17,3	41,5	53,80	481,4	7	0,80	6,4	419,2	390	53,00	475,0	139,90	894,2	2,0	6,4	140
150	19,1	390	17,4	41,9	53,90	486,7	7	0,80	6,6	425,8	383	53,10	480,1	140,80	905,9	1,2	6,0	150
160	19,3	383	17,6	42,4	54,00	491,9	6	0,70	5,8	431,6	377	53,30	486,1	141,70	917,8	1,2	5,7	160
170	19,5	377	17,8	42,8	54,20	497,3	3	0,30	3,0	434,6	374	53,90	494,3	142,60	929,0	1,1	5,5	170
180	19,6	374	17,9	43,0	54,20	500,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	180

Donde H₀ es la altura dominante, H_m la altura media, DMC el diámetro medio cuadrático, G el área basimétrica, CCA el crecimiento corriente anual y CMA el crecimiento medio anual.

Mucho más utilizado ha sido el denominado *criterio financiero*, que determina el turno del monte optimizando el balance de los gastos e ingresos de todo el ciclo, pero capitalizados a interés compuesto para poder establecer comparaciones en el momento inicial del proyecto. Para ello, se necesita conocer los datos físicos de los productos obtenidos y sus precios previsibles en el mercado, así como los costes de todas las operaciones selvícolas necesarias. Este criterio se utiliza aceptando las hipótesis de estabilidad de precios y de la tasa de descuento, lo cual no le resta valor para comparar alternativas. Precisamente, una decisión fundamental para su aplicación es la elección de la tasa de descuento, debido a las peculiaridades de los proyectos forestales, como su larga duración, existencia de diversos outputs, incertidumbre, etc. (Díaz Balteiro, 1997a).

El criterio financiero responde a la teoría tradicional del turno económicamente óptimo, originada en un trabajo del forestal alemán Faustmann (1849), desarrollada y contrastada posteriormente por numerosos economistas (por ejemplo, Samuelson, 1976), y conociéndose hoy en día como «teorema de Faustmann-Pressler-Ohlin», o «paradigma FPO» (Romero, 1994; [Díaz Balteiro, 1997b](#), [1998](#)).

Sólo se ha encontrado en la bibliografía una referencia a la utilización de este criterio para los montes de *Pinus sylvestris* del Sistema Central ([Díaz Balteiro y Romero, 1995](#)), en el que se concluye la escasa rentabilidad general de la especie en términos estrictamente financieros y bajo los supuestos utilizados, que suponen, entre otras cosas, la repoblación a partir de una situación inicial de terrenos agrícolas. Dicha hipótesis hace poco aplicables los resultados de este estudio a los montes de pino silvestre de la zona, que en su mayoría son masas naturales que se pueden considerar capitalizadas.

Aparte de todos estos criterios tradicionales para la determinación del turno, existe un trabajo experimental aplicado a un monte de pino silvestre del Sistema Central, basado en el estudio de 18.192 árboles cortados pertenecientes a diferentes clases diamétricas (Montero *et al.*, 1992). Los resultados de dicho trabajo pusieron de manifiesto lo siguiente:

- a) La producción de madera de pino silvestre apta para la obtención de chapa (el producto maderable más valioso actualmente) varía con la clase diamétrica del árbol en las proporciones que se indican en el cuadro 4.
- b) El precio por m³ de madera de chapa puesta en carguero es, al menos, 4 veces mayor que el precio medio del resto de madera.

Cuadro 4

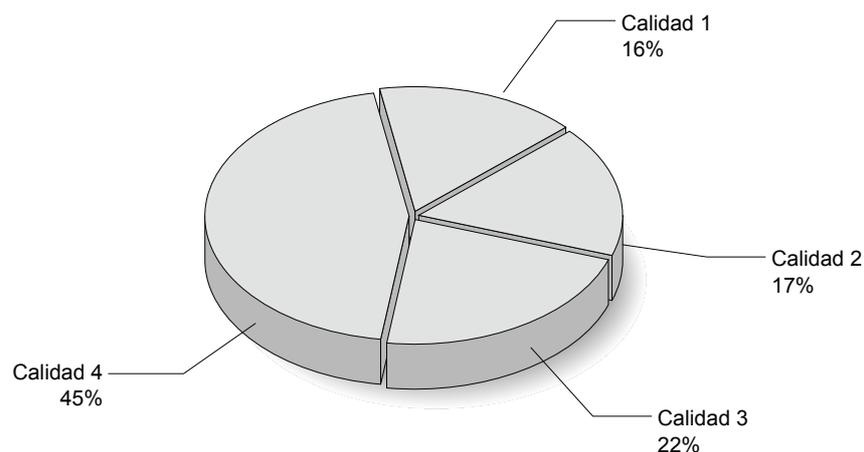
PORCENTAJE DE MADERA DE PINO SILVESTRE APTA PARA CHAPA SEGÚN LA CLASE DIAMÉTRICA (Montero *et al.*, 1992)

Clase diamétrica (cm)	30-35	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	> 70
% madera para chapa	0	1,5	10,5	16,3	20,5	24,1	26,7	28,8	27,0

- c) Descontando la madera apta para chapa, el resto de la madera producida se reparte entre las diferentes calidades tecnológicas, según valores medios estimados por profesionales con larga experiencia en la zona, tal como se indica en el gráfico 3. Las calidades de la madera se corresponden con las distintas categorías comerciales de los productos, que se establecen en función de sus características tecnológicas y posibles usos.
- d) Del estudio de precios que regían en el mercado cuando se realizó el trabajo se pudo deducir que, asignando el valor 1,0 a la madera de 4ª calidad, la variación proporcional de precios para las restantes calidades tecnológicas de la madera era la que se muestra en el gráfico 4.

Gráfico 3

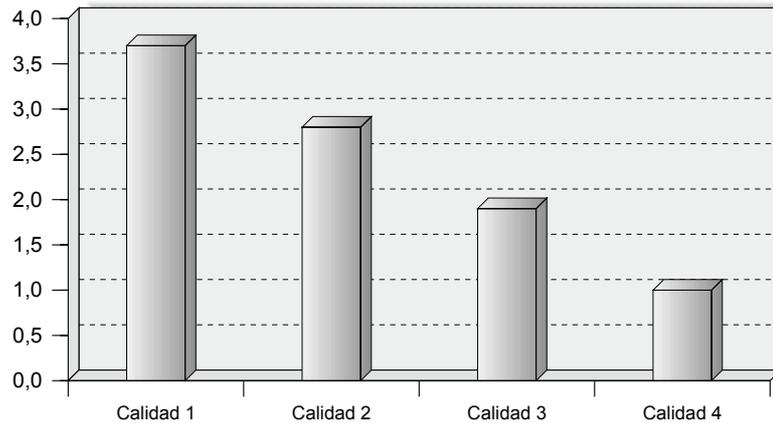
Porcentaje de madera en rollo de pino silvestre según calidades tecnológicas, una vez descontada la apta para chapa



Fuente: Montero *et al.*, 1992.

Gráfico 4

Variación proporcional del precio de la madera de pino silvestre según calidades tecnológicas, asignando el valor 1,0 a la madera de 4.ª calidad



Fuente: Montero *et al.*, 1992.

Con estos datos se estimó que el turno de pino silvestre en el Sistema Central debería oscilar entre los 120 y los 140 años, haciendo la salvedad de que, si se aplicara una selvicultura más intensiva, el turno podría rebajarse a 100 años mediante un régimen de claras fuertes, y a 120 años con un régimen de claras moderado (Montero *et al.*, 1992).

En definitiva, no resulta sencillo valorar las rentas procedentes de la madera de estos montes, ya que esta producción se encuentra, como se ha visto, muy influenciada por la calidad de la estación y por el tratamiento selvícola y turno que se apliquen.

Sin embargo, es posible encontrar algunos trabajos que aportan datos puntuales. Así, Novillo y Castellano (2000) han estimado que la valoración de la madera en el monte de Valsaín (Segovia), uno de los más importantes del Sistema Central poblados por pino silvestre, y donde se aplica el tratamiento selvícola de aclareos sucesivos, alcanza unos $63,2 \cdot 10^6$ €, que en valor relativo constituyen un 93,7 por ciento del valor productivo (que incluye también leñas, pastos, caza y frutos-semilla) y un 18,7 por ciento del valor total del monte (en el que se consideran, además de los productivos, aspectos ecológicos o de no uso y recreativos).

Por otra parte, Caparrós (2000), analizando la valoración económica de diferentes usos del pinar «Cabeza de Hierro», en este caso privado y situado en Rascafría (Madrid), ha concluido que las rentas procedentes de la madera suponen un 90 por ciento de las rentas comerciales, que a su vez se corresponden con el 49 por ciento del total al valorar el uso múltiple de este pinar. Además, este autor ha comparado la selvicultura que se practica en la actualidad en dicho pinar (basada también en los mencionados aclareos sucesivos) con otra de mayor rendimiento maderero, habiendo llegado a la conclusión de que el sistema selvícola actual es preferible, para tipos de descuento superiores al 2 por ciento, desde el punto de vista comercial (al retrasar la edad de la primera corta hasta el momento en el que prácticamente se cubren los costes variables), lo que resulta de enorme importancia para el uso múltiple de estos montes, al darse la circunstancia de que esta selvicultura produce también los mayores beneficios ambientales.

3.1.2. Producción de leñas

El aprovechamiento de leñas suele ser una servidumbre a favor de los vecinos de los pueblos, pese a que la práctica totalidad de estos montes son propiedad de los Ayuntamientos, del Estado o de las Comunidades Autónomas.

La producción de leña es variable con la calidad de los árboles, de tal forma que aquellos que producen madera de muy buena calidad producen poca leña y viceversa.

Como término medio, se puede aceptar que 1.000 m³ de madera de calidad media producen en torno a 100-150 toneladas de leña gruesa. Las leñas delgadas, menores de 5-6 cm de diámetro, y las ramillas, actualmente no se aprovechan. Hoy en día los vecinos no extraen toda la leña que produce el monte, con lo cual los propietarios se ven obligados a trocear la leña gruesa y sacarla a cargadero, o bien a juntar la leña delgada y ramillas (los llamados restos de corta) y quemarlos en los claros del monte; esta operación es muy costosa, oscilando entre 4,50 y 7,51 € por árbol cortado, lo que suele suponer unos 6 € por m³ de madera extraída. Las leñas gruesas son vendidas en cargadero a un precio que oscila entre 0,02 y 0,03 €/kg, según el grado de secado de las mismas.

Para el monte de Valsaín se ha calculado que las leñas alcanzan un valor de $0,8 \cdot 10^6$ €, que representan únicamente un 1,2 por ciento del valor total de los aspectos productivos de ese pinar (Novillo y Castellano, 2000).

3.1.3. Estimación de ingresos y gastos anuales originados por las producciones primarias inmediatas (maderas y leñas)

A continuación se incluye una estimación de los ingresos y de los gastos anuales que se registran en un monte-tipo de pino silvestre del Sistema Central, originados exclusivamente por las producciones primarias inmediatas (maderas y leñas), que son las únicas de las que se poseen datos fiables. Estos datos medios se presentan con la intención de ofrecer una idea del orden de magnitud e importancia de estas producciones, pero sin intención de realizar un detallado análisis económico, por la dificultad que ello entraña.

Ingresos:

<i>Madera:</i>	Producción media anual	2,5 m ³ /ha·año
	Precio en cargadero	90,15 €/m ³ cc
	Ingresos por hectárea	225,37 €/ha·año
<i>Leña:</i>	Producción media por m ³ de madera	120 kg/m ³ cc
	Producción media anual	300 kg/ha·año
	Precio en cargadero	0,024 €/kg
	Ingresos por hectárea	7,20 €/ha·año
	<i>Total</i>	232,57 €/ha·año

Gastos de explotación:

<i>Madera:</i>	Señalamiento de la madera a cortar	2,10 €/ha·año
	Autorización de corta	1,50 €/ha·año
	Corta y desrame (7,80 €/m ³)	19,50 €/ha·año
	Descortezado (4,20 €/m ³)	10,50 €/ha·año
	Desembosque, incluyendo apilado (5,40 €/m ³) ..	13,50 €/ha·año
	Eliminación restos corta (6,00 €/m ³)	15,00 €/ha·año
<i>Leña:</i>	Troceado y desembosque (0,012 €/kg)	3,60 €/ha·año
	<i>Total</i>	65,70 €/ha·año

Gastos de mantenimiento:

	Realización de limpiezas y clareos, etc.	13,22 €/ha·año
	Guardería y gestión	12,92 €/ha·año
	Mantenimiento de cortafuegos	1,35 €/ha·año
	Conservación de pistas forestales	4,50 €/ha·año
	Protección contra incendios	9,01 €/ha·año
	Protección contra plagas	1,50 €/ha·año
	Contribución territorial	0,90 €/ha·año
	<i>Total</i>	43,40 €/ha·año

Diferencia ingresos-gastos:

Ingresos	232,57 €/ha·año
Gastos de explotación	65,70 €/ha·año
Gastos de mantenimiento	43,40 €/ha·año
<i>Diferencia</i>	123,47 €/ha·año

3.1.4. Otros productos no madereros (producciones primarias mediatas)

Los productos no leñosos, o producciones primarias mediatas, que se obtienen de los pinares de silvestre del Sistema Central son los pastos, las setas, la caza y la pesca.

Los pastos, como la leña, también suelen ser servidumbres a favor de los vecinos de los pueblos. Debido a que los Ayuntamientos y la Administración Forestal que gestiona los montes no suelen llevar un control estricto del número de cabezas de ganado que pastan en ellos (fundamentalmente vacas y caballos), es muy difícil valorar la producción de pastos. Una estimación objetiva se podría realizar a partir de un inventario del ganado que pasta, y sabiendo cuántos meses lo hace a lo largo del año, estudio que sólo se ha llevado a cabo en algún monte.

La producción de setas puede alcanzar un valor considerable en algunos pinares, pero al no estar controlada resulta imposible estimarla. Los compradores se niegan a proporcionar las cifras de las cantidades compradas y, por otro lado, son numerosos los vecinos y visitantes de fin de semana que recolectan para consumo propio, lo que complica en extremo una estimación objetiva de esta producción.

Debido a la propiedad pública de la mayoría de los montes, la caza suele ser aprovechada por las sociedades de cazadores de los pueblos propietarios, que pagan por su disfrute un precio simbólico. Las especies cinegéticas más importantes de estos montes son el jabalí (*Sus scrofa*) y, en menor medida, el corzo (*Capreolus capreolus*), aunque también se caza la paloma torcaz en paso. Por otra parte, los numerosos cotos de pesca (casi todos los ríos son trucheros) son disfrutados por las sociedades de pescadores de los pueblos y por los turistas de fin de semana. La valoración económica de estas dos producciones resulta también muy complicada.

Aunque no hay muchos datos acerca de la valoración de estas producciones no madereras, Caparrós (2000) ha estimado que las rentas originadas por el pastoreo y la actividad cinegética en el monte «Cabeza de Hierro» antes citado suponen, respectivamente, un 8 por

ciento y un 2 por ciento del total de las rentas comerciales (el resto procede de la madera). En el caso de Valsaín, se han estimado valores de $2,3 \cdot 10^6$, $0,15 \cdot 10^6$ y $1 \cdot 10^6$ €, respectivamente, para los pastos, la caza y los frutos (semilla), que en conjunto suponen únicamente el 5,1 por ciento del valor total del aspecto productivo del monte (Novillo y Castellano, 2000).

Por otra parte, Díaz Balteiro (1998) ha recopilado y analizado diversos trabajos que estudian las implicaciones que tiene la consideración de algunos de estos bienes en la determinación del turno forestal óptimo, siguiendo el planteamiento propuesto por Hartman (1976). En todos los casos, se ha estudiado la variación que se produce en el turno cuando, partiendo de una situación inicial en la que se considera únicamente la producción de madera, se añade al análisis algún otro output no maderero. Las conclusiones de dichos trabajos indican que la consideración de los pastos daría lugar a una disminución ligera (menor del 20 por ciento) en el turno, debido a que la producción pascícola desciende según el bosque se va haciendo más denso, por lo que el máximo de este producto tiene lugar a edades reducidas de las masas. Un efecto de reducción similar en el turno se obtendría al incluir la producción de hongos, que suele ser máxima a edades medias de las masas. Por otra parte, en el caso de la caza no se puede predecir ningún efecto en el turno, debido a que las diferentes especies cinegéticas presentan distintas demandas respecto a la estructura del bosque.

3.2. Producción de beneficios indirectos

Los *beneficios indirectos* que generan los montes de *Pinus sylvestris* del Sistema Central son muy variados, y entre ellos se encuentran la protección contra la erosión, la regulación de los regímenes hídricos, la contribución a la biodiversidad, poseer o constituir hábitats para la fauna silvestre, actuar como sumidero de CO₂, contribuir al paisaje, ser escenario para el recreo y el turismo en la naturaleza, etc.

La acción protectora del suelo y la regulación hídrica que generan los pinares de silvestre del Sistema Central resulta especialmente importante, debido a que, por las características ecológicas de la especie, estos montes están situados en laderas de media y alta montaña, constituyendo las cabeceras de cuencas de ríos que, entre otras cosas, abastecen de agua a Madrid.

Otro tanto ocurre con su valor paisajístico, puesto que la situación de montaña de estos pinares contrasta poderosamente con el paisaje predominantemente llano y monótono de las dos Mesetas circun-

dantes. Además, las características cromáticas de las masas de pino silvestre, en las que destaca el color verde glauco o azulado del follaje frente al tono naranja o rosa asalmonado del tercio superior de los troncos, son generalmente muy apreciadas.

También la especial situación de media y alta montaña de los montes de pino silvestre del Sistema Central condiciona el elevado valor de su flora y fauna, ya que esta cadena montañosa representa una auténtica discontinuidad ecológica entre las dos Mesetas, dando lugar a la aparición de especies y hábitats propios de otras latitudes más septentrionales (entre ellos, los propios pinares de *Pinus sylvestris*). Son muchas, por tanto, las especies singulares o protegidas que pueblan estos montes, siendo algunas de las más conocidas el acebo (*Ilex aquifolium*), el buitre negro (*Aegypius monachus*) o la mariposa *Graellsia isabellae* (endémica de éstos y otros montes españoles).

Precisamente, este conjunto de utilidades indirectas de los montes provoca que cada fin de semana miles de personas procedentes de los núcleos urbanos se acerquen a ellos y a los pueblos vecinos para disfrutar de su ocio en un entorno natural, creándose así una industria y una economía mantenidas por este turismo rural, que seguramente alcanzan un valor mucho mayor que todo el resto de producciones de los montes.

Además, la contribución de estos pinares a la mitigación del cambio climático, por su capacidad de captar y almacenar el CO₂ atmosférico, también empieza a ser muy valorado por la sociedad, y ya existen trabajos que cuantifican esta utilidad.

Las dos características comunes a todas estas utilidades o beneficios indirectos de los montes son su creciente demanda por parte de la sociedad (en ocasiones muy superior a la de los beneficios directos), y la dificultad de valorarlas en términos monetarios debido a la ausencia de un mercado bien definido, lo que, precisamente, dificulta su comparación con los beneficios directos, aunque hoy en día es posible encontrar algunos trabajos y datos al respecto.

La metodología más utilizada y consolidada para determinar el valor monetario del uso de algunos de estos beneficios indirectos es la valoración contingente, que consiste en la realización de encuestas a las personas que disfrutan de los mismos, para determinar el precio que estarían dispuestos a pagar (disposición al pago) por seguir haciéndolo (Campos y Riera, 1996).

Una cuantificación monetaria de los beneficios indirectos de estos montes se puede encontrar en el trabajo realizado para valorar los aspectos productivo, recreativo y ecológico del monte de Valsaín

(Segovia). En él se ha llegado a la conclusión de que el aspecto ecológico o de *no uso* (que contempla los valores de opción, de legado y de existencia) supone cerca del 70 por ciento (unos $244 \cdot 10^6$ €) del valor económico total del monte, frente a un 20 por ciento ($\sim 67,5 \cdot 10^6$ €) del productivo y un 10 por ciento ($\sim 31,5 \cdot 10^6$ €) del recreativo (Novillo y Castellano, 2000).

Para el monte «Cabeza de Hierro», Caparrós (2000) ha encontrado que las rentas ambientales o no comerciales, englobando en ellas las procedentes del uso recreativo, de la fijación de carbono y de la conservación del hábitat (incluyendo los valores de opción y de existencia), suponen un 51 por ciento de la renta total generada en el pinar, aunque el propio autor estima que dichos valores se pueden considerar conservadores. Especialmente reseñable resulta la conclusión a la que llega este autor, en la que define a este pinar (de titularidad privada) como un bien de carácter mixto privado y social, puesto que el propietario forestal sólo disfruta de un 31 por ciento de la renta total medida.

Por otra parte, Díaz Balteiro (2000) ha evaluado la fijación de CO_2 para integrarla en la gestión de un monte de pino silvestre del Sistema Central, concretamente el de Navafría (Segovia). Las conclusiones del trabajo indican, entre otras cosas, que para conseguir la máxima captura de carbono (considerando únicamente el fijado en la madera de las cortas de regeneración, y sin tener en cuenta el del volumen de clareos y claras, ni el retenido en hojas y ramas) sería necesario renunciar, aproximadamente, a un 30 por ciento del VAN y a algo más de la mitad del volumen total de madera y de chapa que se conseguirían en el monte si se maximizaran por separado estos objetivos, lo que puede dar idea de la importancia económica de esta externalidad positiva.

Desde otro punto de vista, este mismo autor (Díaz Balteiro, 1998) también ha analizado las implicaciones que tiene la consideración, por separado, de los beneficios indirectos en la determinación del turno forestal óptimo. Como primera aproximación, se puede concluir que la incorporación a dicho análisis de las utilidades no productivas de los montes cuyo valor aumenta con la edad de la masas provoca un alargamiento del turno maderero. Así ocurre, por ejemplo, con el recreo, el paisaje o la captura de CO_2 , que dan lugar a un alargamiento moderado (entre un 20 y un 50 por ciento) o intenso (mayor del 50 por ciento) del turno maderero. Sin embargo, la inclusión del agua en este análisis produce un acortamiento ligero (menor del 20 por ciento) del turno, aunque en este caso se ha con-

siderado exclusivamente el aporte de agua que recibiría una cuenca (mayor cuanto menor sea la evapotranspiración y, por tanto, cuanto menor sea la edad de la masa), sin tener en cuenta otros factores tan importantes como la protección del suelo, que sí aumenta con la edad, o con la madurez ecológica del bosque. Finalmente, la consideración de los beneficios ambientales relacionados con la fauna salvaje y la biodiversidad no permite concluir ningún efecto generalizado en la duración del turno, debido a las muy diversas situaciones que se pueden plantear en ambos casos.

4. CONCLUSIONES

Los pinares de *Pinus sylvestris* del Sistema Central, que constituyen una de las mejores y más extensas representaciones de la especie en la Península Ibérica, presentan elevados valores tanto desde el punto de vista protector, ecológico, paisajístico y recreativo como en cuanto a la producción de madera, leña y otros productos.

La rentabilidad económica de sus utilidades productivas (beneficios directos) resulta positiva. Computando únicamente los beneficios y costes de la producción primaria inmediata (madera y leña) el resultado es favorable, a pesar de no tratarse de una especie de crecimiento rápido ni tratarse a turnos cortos, y sería mucho mayor si se añadieran a este análisis las otras producciones de estos pinares (setas, pastos, caza y pesca) cuya cuantificación resulta muy complicada.

Sin embargo, para realizar un análisis completo de la rentabilidad de estos montes es preciso considerar también los beneficios indirectos, obtenidos por las utilidades medioambientales (protección contra la erosión, regulación de los regímenes hídricos, conservación y mantenimiento de la biodiversidad, sumidero de CO₂, etc.) y sociales (capacidad de recreo, paisaje, etc.), que son mucho más difíciles de traducir en unidades monetarias. Los estudios que han abordado la cuantificación dineraria de algunas de estas utilidades demuestran que su valor supera, muy frecuentemente, al de los usos productivos.

En conclusión, la correcta planificación y aplicación de tratamientos selvícolas a estos pinares, algunos de los cuales se encuentran ordenados desde finales del siglo XIX, ha permitido hacerlos económicamente rentables para la sociedad, mediante la armonización de sus aspectos económicos, medioambientales y sociales, por lo que es posible afirmar que se ha conseguido una gestión sostenible de los mismos.

Como colofón, resulta interesante indicar que a pesar de las posibles incidencias negativas que la actividad forestal pueda tener en ocasio-

nes sobre el paisaje, que son puntuales y temporales, desde el punto de vista selvícola y de conservación de unos ecosistemas fuertemente antropizados, como son muchos de estos montes, no se justifica la actual tendencia de no realizar aprovechamientos maderables en algunos de ellos, ya que los aspectos económicos resultan fundamentales para conseguir su gestión sostenible. A la vista de los positivos resultados de más de cien años de aplicación de la selvicultura, parece más lógico y urgente regular ciertas actividades (como el recreo y el pastoreo) que restringir unos sistemas de cortas que han demostrado ser compatibles con la existencia, e incluso mejora, de los pinares de *Pinus sylvestris* del Sistema Central.

5. BIBLIOGRAFÍA

- CAMPOS, P. (1991): «Nota sobre economía y conservación del alcornocal». En Vieira, J.: *Subericultura* (versión española coordinada por Campos, P.). Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- CAMPOS, P. *et al.* (1996): «Economía sustentable de los espacios naturales. Análisis de la conservación de sistemas silvopastorales en el oeste español». *Manuales Quercus*, 3: pp. 179-266.
- CAMPOS, P. y RIERA, P. (1996): «Rentabilidad social de los bosques. Análisis aplicado a la dehesa y los montados ibéricos». *Información Comercial Española*, 751: pp. 47-62.
- CAPARRÓS, A. (2000): *Valoración económica del uso múltiple de un espacio natural. Análisis aplicado en los pinares de la Sierra de Guadarrama*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Complutense de Madrid (inédito).
- DÍAZ BALTEIRO, L. (1997a): «Elección de la tasa de descuento en la gestión forestal». En: Puertas, F. y Rivas, M. (Eds.). *Libro de Actas del II Congreso Forestal Español. Mesa*, 8: pp. 443-448.
- DÍAZ BALTEIRO, L. (1997b): «Turno forestal económicamente óptimo: Una revisión». *Revista Española de Economía Agraria*, 180: pp. 181-224.
- DÍAZ BALTEIRO, L. (1998): «Fundamentos económicos del turno forestal óptimo al incorporar diversos bienes y servicios». *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 184: pp. 159-182.
- DÍAZ BALTEIRO, L. (2000): «La captura de carbono como subrogado de la gestión sostenible de los montes: aplicación al monte de Navafría». En: Rojo, A. *et al.* (Eds.): *Actas del congreso de ordenación y gestión sostenible de montes*. Tomo II: pp. 77-85.
- DÍAZ BALTEIRO, L. y ROMERO, C. (1995): «Rentabilidad financiera de especies forestales arbóreas de crecimiento medio y lento en el vigente marco de ayudas públicas». *Revista Española de Economía Agraria*, 171: pp. 85-108.
- FAUSTMANN, M. (1849): «Berechnung des Wertes welchen Waldboden sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen».

- Allgemeine Forst und Jagd Zeitung*, 15. Reimpreso en: Faustmann, M. (1995): «Calculation of the value which forest land and immature stands possess for forestry». *Journal of Forest Economics*, 1 (1): pp. 7-44.
- HARTMAN, R. (1976): «The harvesting decision when a standing forest has value». *Economic Inquiry*, 16: pp. 52-58.
- HUFFEL, G. (1905): *Économie forestière*. La Maison Rustique. París.
- MONTEIRO, A. (1966): «Planeamiento de la empresa forestal». *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, 29: pp. 9-183.
- MONTERO, G. (1994): «Generalities on silviculture of *Pinus sylvestris* L. in Spain». En: Montero, G. y Elena, R. (Eds.): *Investigación agraria. Sistema y Recursos Forestales*. Fuera de serie, 3: pp. 251-257.
- MONTERO, G.; ROJO, A. y ALÍA, R. (1992): «Determinación del turno del *Pinus sylvestris* en el Sistema Central». *Montes*, 29: pp. 42-48.
- NOVILLO, M. A. y CASTELLANO, E. (2000): «Valoración económica de la biodiversidad de los ecosistemas forestales de los montes vecinales de Valsaín (Segovia)». En: Rojo, A. et al. (Eds.): *Actas del congreso de ordenación y gestión sostenible de montes*. Tomo II: pp. 411-418.
- OLIVER, C. H. D. y LARSON, B. C. (1996): *Forest stand dynamics*. John Wiley & Sons, Inc.
- ROJO, A. y MONTERO, G. (1996): *El pino silvestre en la Sierra de Guadarrama*. Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Serie Técnica). Madrid.
- ROMERO, C. (1994): *Economía de los recursos ambientales y naturales*. Alianza Economía. Alianza Editorial. Madrid.
- SAMUELSON, P. (1976): «Economics of forestry in a evolving society». *Economic Inquiry*, 14: pp. 466-492.

RESUMEN

Aspectos selvícolas y económicos de los pinares de *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Central

Después de introducir el concepto y significado de la silvicultura y de la ordenación forestal, se presenta la gestión que se aplica en los montes de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) del Sistema Central, describiendo los tratamientos selvícolas más habituales y las actuaciones de infraestructura necesarias. A continuación se estudia el valor económico de estos pinares, para lo cual se reseñan sus beneficios directos o productivos, se analizan las implicaciones productivas de la gestión, y se presentan datos monetarios de algunos de ellos (madera y leña). También se analizan los beneficios o utilidades indirectas (medioambientales y sociales) de estos montes y su posible valoración económica, en ocasiones muy superior a los beneficios directos.

PALABRAS CLAVE: *Pinus sylvestris*, silvicultura, ordenación forestal sostenible, uso múltiple, economía forestal.

SUMMARY

Silvicultural and economic aspects of *Pinus sylvestris* forest stands in the "Sistema Central" (Spain)

After introducing the concept and the meaning of silviculture and forest management, the treatments applied to Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest stands in the "Sistema Central" (Spain) are presented, describing the most usual silvicultural treatments and the necessary infrastructure performance in these woodlands. The economic value of these forest systems is analysed. Therefore, the direct profits are described and the forest production implications of the woodland management are studied. Financial information is displayed for some of them (wood and firewood). Also, the indirect benefits of these Scots pine forests (environmental and social) and the feasible economic value are studied, that, sometimes they are much higher than the direct profits.

KEYWORDS: *Pinus sylvestris*, silviculture, sustained forest management, multiple use, forest economy.